

発電プラント用構造材料の 高温劣化損傷メカニズムの解明

SATテクノロジー・ショーケース2014

■ はじめに

次世代発電プラントの構造材料には起動・停止時や高温環境下における稼働により劣化損傷が生じる。長期間にわたり高い安全性・信頼性を維持するためには、使用環境下における構造材料の劣化損傷メカニズムを解明する必要がある。本研究では、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS316L を用いて高温低サイクル疲労試験およびクリープ疲労試験を実施し、試験の各段階における劣化損傷をレーザー顕微鏡観察や四探針法による電位差測定を用いて評価し、そのメカニズムを解明することを試みた。

■ 高温低サイクル疲労/クリープ疲労損傷観察

低サイクル疲労試験(全ひずみ幅 1.5%、試験温度 600℃)は中断材と破断材を作製し、レーザー顕微鏡で観察を行った。中断材(図1(a))では長さ0.1mm程度の微小き裂が粒界および粒内に多数発生しており、破断材(図1(b))ではそれらが成長・合体した様相の長さ1mm程度の微小き裂が複数観察された。クリープ疲労試験(全ひずみ幅 1.5%、保持時間 360sec、試験温度 550℃)は中断材(図1(c))を作製して観察を行った。長さ0.1mm以下の微小き裂が多数発生しており、これらは粒界で顕著に見られた。以上のように、繰返し数や試験条件によって微小き裂の生成状況が異なるため、それを定量的に評価することが劣化損傷メカニズム解明のために必要である。

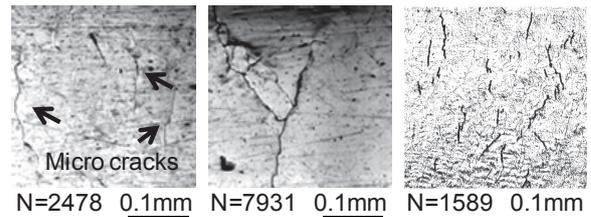
■ 高温低サイクル疲労損傷の電位差測定

本研究では、四探針で構成される測定装置を用いた電位差法(四探針法)による劣化損傷評価を試みた。電位差法とは、材料の電位差を測定することによってその局所的な相変化や欠陥を検出する手法である。図2のように、電流印加端子と電位差測定端子を2本ずつ持つ四探針ユニット(電子磁気工業株式会社、WT-4102)を被測定物表面に接触させ電流を印加し、生じた電位差を測定する。電圧測定端子間に欠陥がある場合は、その部分の電気抵抗が大きくなるため電位差も増加し、またその増加量は欠陥が深いほど大きい。劣化損傷材においては、図中の破線のように探針を移動させることで、微小き裂の生成状況を検出できると考えられる。

未損傷材、高温低サイクル疲労中断材および破断材の電位差をそれぞれ10点測定し、その平均値と標準偏差を求めた結果を図3に示す。未損傷材と中断材の差は小さいが、これらと比べると破断材の標準偏差が著しく増加し

ていた。疲労やクリープ疲労によって生じる微小き裂は材料表面全体に密に分布しているため、電流印加端子と電位差測定端子の間にも微小き裂が位置する場合がある。それが電位差の値に影響を与えるため、測定箇所による微小き裂の分布状況の違いがばらつきとして現れたものと思われる。特に寿命後期では微小き裂の成長速度の差が大きく、著しく進展するものも現れる。そのため、微小き裂の分布状況の違いが大きく、電位差のばらつきが増大したものと思われる。

以上のように、四探針法による電位差測定は局所的な微小き裂の分布状況が反映されるものである。そのため、平均的な電位差の変化のみで劣化損傷の程度を評価することはできないが、局所的な違いはばらつきとして現れるため、標準偏差を用いることで定量的な評価を行えることがわかった。この方法は寿命後期のような局所的な変化が顕著になる段階では特に有効であると考えられる。



(a)低サイクル疲労中断材 (b)低サイクル疲労破断材 (c)クリープ疲労中断材
図1 レーザ顕微鏡観察写真

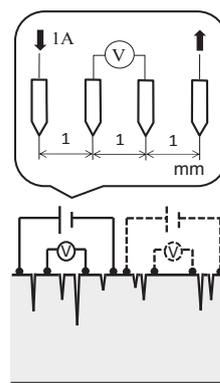


図2 四探針法概略図

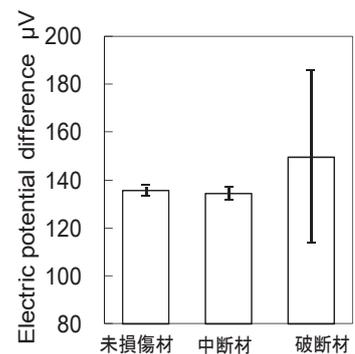


図3 電位差測定結果

代表発表者 中西 紫緒(なかにし しお)
所属 東京理科大学大学院
工学研究科 機械工学専攻
問合せ先 〒125-5858 東京都葛飾区新宿 6-3-1
TEL:03-5876-1717 FAX:03-5228-8366

■キーワード: (1) 発電プラント
(2) 高温低サイクル疲労・クリープ疲労
(3) 高温劣化損傷
(4) 四探針法